

衍射光栅实验研究实验报告

姓名 陆皓喆 学号 2211044 专业 工科试验班（信息科学与技术）
组别 D 实验时间 周二上午 6 月 6 日

一. 实验目的

1. 了解光栅的分光特性。
2. 测量光栅常量。

二. 实验原理

二元光栅是平行等宽、等间距的多狭缝，它的分光原理如图所示。狭缝 S 处于透镜 L_1 焦平面上，并认为它是无限细的； G 是衍射光栅，它有 N 个宽度为 a 的狭缝，相邻狭缝间不透明部分的宽度为 b 。如果自透镜 L_1 出射的平行光垂直照在光栅上，透镜 L_2 将与光栅法线成 θ 角的光会聚在焦平面的 P 点。光栅在 θ 方向上有主干涉极大的条件为

$$(a+b)\sin\theta = k\lambda$$

这就是垂直入射条件下的光栅方程，其中， k 为光谱的级次、 λ 是波长、 θ 是衍射角、 $(a+b)$ 是光栅常量。

光栅常量通常用 d 表示， $d = a + b$ 。当入射光不是垂直照射在光栅上，而是与光栅的法线成 ϕ 角时，光栅方程变为：

$$d(\sin\phi \pm \sin\theta) = k\lambda$$

式中“+”代表入射光和衍射光在法线同侧，用“-”代表在法线两侧。光栅的衍射角 θ 仍定义为与光栅表面法线的夹角。

在复色光以相同的入射角照射到光栅，不同波长的光对应有不同的 θ ，也就是说在经过光栅后，不同波长的光在空间角方向上被分开了，并按一定的顺序排列。这就是光栅的分光原理。

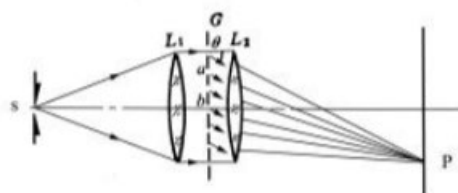


图 4-1 光栅的分光原理

三. 实验仪器

分光仪，平面投射光栅，平面反射镜，低压汞灯。

四. 实验内容

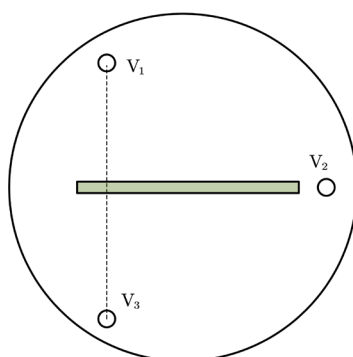
1. 调节分光仪

按上次实验的方法调节分光仪到可以使用的状态。

2. 调节光栅

实验中的光栅必须调节到以下状态。

- (1) 平行光垂直照射在光栅表面。
- (2) 光栅的刻痕垂直于刻度盘表面，即与仪器转轴平行。
- (3) 狭缝与光栅刻痕平行。



将光栅按图 1 所示的方式放置在载物台上。光栅平面与 V1, V3 的连线垂直。用汞灯照亮狭缝，使望远镜的叉丝对准狭缝像。这样望远镜的光轴与平行光管的光轴共线。将游标盘与载物台锁定在一起，转动载物台，找到平面光栅反射回来的叉丝像，调节 V1, V3 使叉丝像与叉丝重合，随即锁住游标盘，并保持 V1, V3 不动。这时就达到了光栅与入射的平行光垂直的要求。此时转动望远镜观察位于零级谱两侧的一级或二级谱线，调节 V2 和稍微旋转狭缝，使两侧谱线均与叉丝的中心横线垂直，并且上下对称。这时光栅就已经调节好了。

3. 误差来源及解决办法

实验所用的透射光栅是做在一个全息干板上，全息干版的两个面不可能完全平行，因此无论如何都不可能让入射光线完全垂直与光栅表面。在斜入射的情况下，光栅法线两侧同一级光谱的衍射角分别为

$$\sin \varphi - \sin \theta_- = -\frac{k\lambda}{d}$$

$$\sin \varphi + \sin \theta_+ = \frac{k\lambda}{d}$$

两式相减，并考虑

$$|\theta_+ - \theta_-| = \varphi$$

得到：

$$\sin \frac{\theta_+ - \theta_-}{2} \cos \frac{\varphi}{2} = \frac{k\lambda}{d}$$

当 φ 很小的时候，满足

$$\sin \frac{\theta_+ - \theta_-}{2} = \frac{k\lambda}{d}$$

4. 测量数据

利用汞光谱线中绿线 $\lambda = 546.1nm$ 的 $\pm 1, \pm 2$ 级光谱之间的夹角 $2\theta_1, 2\theta_2$ ，分别求出两个光栅常量。

五. 实验数据及数据处理

1. 测定光栅常量

波长 (nm)	级数 k	衍射角位置			角度	无偏心差	光栅常量 (nm)
		游标号	+k 级	-k 级	$2\varphi_k$	角度 $2\varphi_k$	
546.1	1	1	9°25'	9°5'	19°15'	19°025'	3301
		2	9°29'	9°21'	18°50'		
	2	1	19°10'	20°01'	39°11'	39°205'	3245
		2	19°30'	20°00'	39°30'		

求得： $\bar{d} = 3273nm$

2.测定汞光谱中两条黄线的波长

	级数 k	衍射角位置			角度	无偏心差	波长 λ (nm)
		游标号	+k 级	-k 级	$2\varphi_k$	角度 $2\varphi_k$	
黄 1	2	1	20°08'	20°51'	40°59'	40°48'	570.5
		2	19°52'	20°39'	40°37'		
黄 2	2	1	20°15'	20°40'	40°55'	40°58'	572.7
		2	20°11'	20°50'	41°01'		

计算误差得：

$$\Delta\lambda_1 = \frac{|577.0 - 570.5|}{577.0} \times 100\% = 1.1\%$$

$$\Delta\lambda_2 = \frac{|579.1 - 572.7|}{579.1} \times 100\% = 1.1\%$$

计算角色散得：

$$D = \frac{\Delta\varphi}{2.1nm} = \frac{5'}{2.1nm} = 693rad / m = 6.93 \times 10^{-4} rad / nm$$

六. 思考题

实验中如果没按要求将光栅放置在仪器转轴位置，即仪器的转轴没有通过光栅平面时，对测量衍射角有影响吗？如有影响应采取什么方法解决？

答：不影响角度大小的测量，但是外侧的光谱可能不会出现在屏幕上；将平面光栅平移到通过仪器转轴并重新调节。

七. 心得与体会

做这个实验之前，我们已经做过了分光仪那个实验，所以对调节分光仪的操作比较熟悉，我能够很好的调节成功。然后这次实验换成了衍射光栅，对实验的要求也更高了，我需要通过旋转后面的部分来使光线转动，还需要读出 4 条光线所在的位置，需要观察两次，这对我的观察力要求很高。然后在调节光栅的时候，会出现在屏幕上找不到光线的情况，经过调节，最后我都成功解决了哪些问题。